

## PERMANENT-MAGNET MOTOR

①

Publication number: JP2001339921

Publication date: 2001-12-07

Inventor: NAKANO MASATSUGU; TOMINAGA TSUTOMU;  
YONEKATA HIDEKI

Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

Classification:

- International: H02K1/22; H02K1/27; H02K21/12; H02K21/14;  
H02K29/03; H02K1/14; H02K1/22; H02K1/27;  
H02K21/12; H02K21/14; H02K29/03; H02K1/14; (IPC1-  
7): H02K21/14; H02K1/22; H02K1/27

- European: H02K21/12; H02K29/03

Application number: JP20000153909 20000525

Priority number(s): JP20000153909 20000525

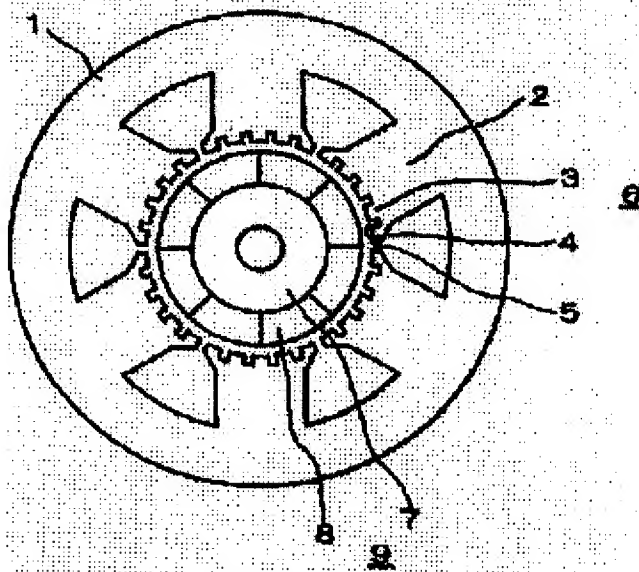
Also published as:

US6462452 (B2)  
US2002003382 (A1)  
FR2809547 (A1)  
DE10125005 (A1)

Report a data error here

## Abstract of JP2001339921

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a permanent-magnet motor capable of reducing cogging torque and torque ripple at the time of current is supplied. **SOLUTION:** In the permanent-magnet motor consisting of a rotor 9, at the external periphery of which a plurality of permanent magnets 8 is arranged in the peripheral direction at predetermined intervals, and a stator 6 that comprises a plurality of magnetic poles 3 arranged in the peripheral direction at predetermined intervals opposing to the permanent magnet 8 and is so disposed as to surround the rotor 9, an auxiliary groove 4 is made on the face that opposes to the permanent magnets 8 of the rotor 9 of each magnetic pole 3 of the stator 6, and a relative skew of an electric angle of 72 deg. is given to a gap of the rotor 9 and the stator 6.



- |             |          |
|-------------|----------|
| 1 : ヨーク部材   | 6 : 磁定子  |
| 2 : 磁極デイス部材 | 7 : 磁極部  |
| 3 : 磁極部     | 8 : 永久磁石 |
| 4 : 補助溝     | 9 : 回転子  |
| 5 : スロット    |          |

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

12



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-339921  
(P2001-339921A)

(43) 公開日 平成13年12月7日(2001.12.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 2 K 21/14		H 0 2 K 21/14	M 5 H 0 0 2
1/22		1/22	A 5 H 6 2 1
1/27	5 0 1	1/27	5 0 1 A 5 H 6 2 2

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-153909(P2000-153909)

(22) 出願日 平成12年5月25日(2000.5.25)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 中野 正嗣

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 富永 努

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100093562

弁理士 児玉 俊英

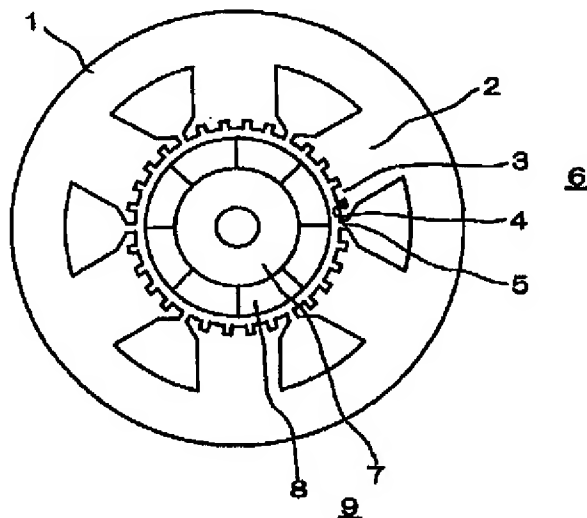
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石型電動機

(57) 【要約】

【課題】 コギングトルクおよび通電時のトルクリップルの低減が可能な永久磁石型電動機を提供する。

【解決手段】 外周面に周方向に所定の間隔を介して複数の永久磁石8が配設された回転子9と、永久磁石8と相対向し周方向に所定の間隔を介して配置される複数の磁極部3を備え回転子9を囲繞するように配設された固定子6とでなる永久磁石型電動機において、固定子6の各磁極部3の回転子9の永久磁石8と対向する面に補助溝4を設けるとともに回転子9と固定子6の間に相対的に電気角72度のスキューを施す。



1 : ヨーク部材  
2 : 磁極ティース部材  
3 : 磁極部  
4 : 補助溝  
5 : スロット

6 : 固定子  
7 : 回転軸  
8 : 永久磁石  
9 : 回転子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 周方向に所定の間隔を介して複数の永久磁石が配設された回転子と、上記永久磁石と相対向し周方向に所定の間隔を介して配置される複数の磁極部を備えた固定子とでなる永久磁石型電動機において、上記固定子の各磁極部の上記回転子の永久磁石と対向する面に補助溝を設けるとともに上記回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施したことを特徴とする永久磁石型電動機。

【請求項2】 極数=2N、スロット数=3N (Nは1以上の整数)とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施したことを特徴とする請求項1記載の永久磁石型電動機。

【請求項3】 極数=N、スロット数=3N (Nは2以上の偶数)とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施したことを特徴とする請求項1記載の永久磁石型電動機。

【請求項4】 極数=4N、スロット数=3N (Nは1以上の整数)とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施したことを特徴とする請求項1記載の永久磁石型電動機。

【請求項5】 スキューは回転子および固定子のいずれか一方に施されていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の永久磁石型電動機。

【請求項6】 スキューは回転子および固定子の両方に施されていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の永久磁石型電動機。

【請求項7】 補助溝は磁極部毎に4個ずつ設けられていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の永久磁石型電動機。

【請求項8】 固定子の巻線は集中的に巻回されていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の永久磁石型電動機。

【請求項9】 回転子の永久磁石はラジアル方向に着磁されていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の永久磁石型電動機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、永久磁石型電動機に係り、特にコギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を両立させ、高性能化を図る構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、様々な用途にコギングトルクと、通電時のトルクリップルの小さい電動機が求められている。そして、従来から永久磁石型電動機のコギングトルクを低減する方法として、例えば特開平10-42531号公報等には、図示はしないが固定子の磁極部の回転子の永久磁石と対向する面に、補助溝を設けることが提案されており、又、例えば特開平8-223832号公

報等には、コギングトルクの周期分だけスキューを施すことが提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の永久磁石型電動機は以上のように、固定子の磁極部の回転子の永久磁石と対向する面に補助溝を設けるとともに、コギングトルクの周期分だけスキューを施して、コギングトルクの低減を図っているが、この時に施されるスキュー角が通電時のトルクリップルを低減できる角度でない場合、コギングトルクと通電時のトルクリップルを同時に低減することはできない。例えば、6極、9スロットの電動機において、固定子の各磁極部にそれぞれ2個ずつの補助溝を設けると、固定子のスロット数が仮想的に27個になったのと同様の効果が現れる。このとき回転子一回転あたりのコギングトルクの脈動数は、極数6と仮想スロット数27の最小公倍数54となる。そして、コギングトルクの周期は電気角に直すと20度となり、電気角20度のスキューでコギングトルクを大幅に低減することが可能である。

【0004】しかしながら、通電時のトルクリップルを低減するには、誘起電圧の第5高調波、第7高調波を低減する必要がある。通常、誘起電圧には第7高調波成分より、第5高調波成分の方が多く含まれているので第5高調波を完全に除去できる角度でスキューを施すことが、通電時のトルクリップルを小さくするために有効であるにもかかわらず、上記したような電気角20度でスキューしても第5高調波を低減できないため、この電動機を正弦波状の電流を通電して駆動する場合には、通電時のトルクリップルが小さくならないので、この補助溝とスキュー角ではコギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図ることは困難であるという問題点があった。

【0005】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図り、高性能な永久磁石型電動機を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明の請求項1に係る永久磁石型電動機は、周方向に所定の間隔を介して複数の永久磁石が配設された回転子と、永久磁石と相対向し周方向に所定の間隔を介して配置される複数の磁極部を備えた固定子とでなる永久磁石型電動機において、固定子の各磁極部の回転子の永久磁石と対向する面に補助溝を設けるとともに回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施すようにしたものである。

【0007】又、この発明の請求項2に係る永久磁石型電動機は、請求項1において、極数=2N、スロット数=3N (Nは1以上の整数)とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施すようにしたものである。

【0008】又、この発明の請求項3に係る永久磁石型電動機は、請求項1において、極数＝N、スロット数＝3N（Nは2以上の偶数）とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施すようにしたものである。

【0009】又、この発明の請求項4に係る永久磁石型電動機は、請求項1において、極数＝4N、スロット数＝3N（Nは1以上の整数）とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施すようにしたものである。

【0010】又、この発明の請求項5に係る永久磁石型電動機は、請求項1ないし4のいずれかにおいて、スキューを回転子および固定子のいずれか一方に施すようにしたものである。

【0011】又、この発明の請求項6に係る永久磁石型電動機は、請求項1ないし4のいずれかにおいて、スキューを回転子および固定子の両方に施すようにしたものである。

【0012】又、この発明の請求項7に係る永久磁石型電動機は、請求項1ないし6のいずれかにおいて、補助溝を磁極部毎に4個ずつ設けるようにしたものである。

【0013】又、この発明の請求項8に係る永久磁石型電動機は、請求項1ないし6のいずれかにおいて、固定子の巻線を集中的に巻回するようにしたものである。

【0014】又、この発明の請求項9に係る永久磁石型電動機は、請求項1ないし6のいずれかにおいて、回転子の永久磁石をラジアル方向に着磁されたものとしたものである。

【0015】

【発明の実施の形態】この発明は、永久磁石型電動機において、固定子の各磁極部に補助溝を設けることによりコギングトルクの周期を小さくし、さらに、固定子と回転子の間に相対的に電気角72度のスキューを施し、低コギングトルクおよび低トルクリップルの両立を実現するものである。以下にこの原理を説明する。

【0016】ここに、スキューにより誘起電圧の高調波がどのように低減できるか、また、極数、スロット数、

補助溝数でコギングトルクがどのように変化するかを述べる。まず、スキュー角を $\theta$ 度（電気角）としたとき、誘起電圧の $q$ 次高調波に対するスキュー係数 $f_s$ は、下記の数1に示す式で表される。

【0017】

【数1】

$$f_s = \frac{2s \sin q \frac{\pi \theta}{360}}{q 2\pi \frac{\theta}{360}}$$

【0018】この式から、誘起電圧の高調波除去の目的でスキューを施す場合には、 $\theta = 360/q$ 度となるように $\theta$ を選択すれば、無負荷誘起電圧の $q$ 次高調波を完全に除去することができる。すなわち、第5高調波を除去するためには $\theta = 360/5 = 72$ 度のスキュー角を施せば良く、通電時のトルクリップル低減に有効であることは明らかである。一方、コギングトルクを低減するスキュー角は、コギングトルクの周期がその整数倍である必要がある。例えば電気角60度周期のコギングトルクを低減するには、電気角60度、120度のスキュー角が考えられ、上記のように通電時のトルクリップルを低減するスキュー角は電気角72度であるから、コギングトルクの周期が72度の整数分の1であれば良いことが分かる。

【0019】次に、極数、スロット数、補助溝数でコギングトルクの周期がどのように変化するかを述べる。固定子の磁極部に補助溝を設けない場合、コギングトルクは回転子一回転あたり、極数とスロット数の最小公倍数の脈動トルクであり、その値は脈動数が大きいほど小さい。したがって、上述したように固定子の磁極部に補助溝を設けることで、仮想的にスロット数を増やして周期を小さくして脈動数を大きくする方法がある。一例として、8極、12スロットの場合について、固定子磁極部1本あたりの補助溝の個数とコギングトルクの周期について下記表1にまとめる。

【0020】

【表1】

補助溝の個数	極数：スロット数	コギングトルク脈動数	周期（電気角）
0	8：12	24	60度
1	8：24	24	60度
2	8：36	72	20度
3	8：48	48	30度
4	8：60	120	12度
5	8：72	72	20度

【0021】表1において、補助溝の個数は固定子の磁極部1本あたりに設ける補助溝の数、スロット数は補助溝も含めた仮想のスロット数、コギングトルク脈動数は回

転子一回転あたりのコギングトルクの脈動数、周期はコギングトルクの周期（電気角）を表す。この表1からコギングトルクを低減するためのスキュー角が分かる。例

えば、補助溝を2個にした場合、コギングトルクの周期は電気角で20度になるため、20度の整数倍だけスキューを施せば、コギングトルクを低減することができる。

【0022】しかしながら、通電時のトルクリップルを低減するためには、上述のように電気角72度だけスキューを施すことが有効であったが、20は72の約数でないため、電気角72度のスキューのときにコギングトルクを低減することはできない。一方、補助溝を4個にした場合には、コギングトルクの周期が電気角12度となり、通電時のトルクリップル低減のために電気角72度のスキューを施したときにも、12は72の約数でありコギングトルクの周期の整数倍(6倍)スキューを施したことになり、通電時のトルクリップルの低減およびコギングトルクの低減の両立を達成できる。

【0023】実施の形態1。以下、この発明の実施の形態を図に基づいて説明する。図1はこの発明の実施の形態1における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係(8極、6スロット)を示す図、図2は図1における永久磁石型電動機の回転子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図、図3は図1における永久磁石型電動機の固定子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図、図4は実施の形態1における永久磁石型電動機のコギングトルク波形を従来と比較して示す波形図、図5は実施の形態1における永久磁石型電動機の通電時のトルク波形を従来と比較して示す波形図である。

【0024】図1および2において、1は環状のヨーク部材、2はこのヨーク部材1の内周側に所定の間隔を介し突出して形成される6本の磁極ティース部材、3はこれら各磁極ティース部材2の先端に形成される磁極部、4はこれら各磁極部3の内周面にそれぞれ形成される4個の補助溝、5は各磁極部3間にそれぞれ形成されるスロットで、図1の場合は6個形成され内部にはそれぞれ巻線(図示せず)が巻回されている。そして、これら1ないし5で固定子6が構成されている。7は回転軸、8はこの回転軸7の表面に軸方向に延在して装着される8個の永久磁石であり、図2に示すように電気角72度のスキューが施されている。そして、これら7、8で回転子9が構成されている。

【0025】実施の形態1における永久磁石型電動機は、上記のように構成される固定子6および回転子9で成っており、各磁極部3に4個ずつの補助溝4が設けられているため、スロット5が仮想的に30個になったのと同様の機能が得られ、コギングトルクの脈動数は回転子9の一回転あたり120となり周期は電気角12度となる。そして、回転子9の各永久磁石8は電気角72度のスキューが施されているため、コギングトルクの周期の6倍だけスキューを施すことになり、図4に実線で示すように破線で示す従来のものと比較して、コギン

グトルクを大幅に低減できるとともに、誘起電圧の第5高調波成分を完全に除去できるため、図5に実線で示すように破線で示す従来のものと比較して、通電時のトルクリップルの低減も可能になる。

【0026】なお、上記図1および2における構成では、回転子9の永久磁石8にスキューを施すことにより、固定子6と回転子9の間に相対的に電気角72度のスキューを得ているが、図3に示すように固定子6の各磁極部3の内周面に形成される補助溝4にスキューを施して、固定子6と回転子9の間に相対的に電気角72度のスキューを得るようにしても良く、上記と同様の効果を発揮し得ることは言うまでもない。

【0027】又、上記構成では、回転軸7の表面に永久磁石8を装着した場合について説明したが、永久磁石8を回転軸7に埋め込んだ構成のものに適用しても良い。さらに又、上記構成では、8極、6スロットのものについて説明したが、もちろんこれに限定されるものではなく、要するに極数=4N、スロット数=3N(Nは1以上の整数)を満足するように、永久磁石8およびスロット5の数を設定すれば、上記と同様の機能を達成することができることは言うまでもない。

【0028】実施の形態2。図6はこの発明の実施の形態2における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係(8極、12スロット)を示す図、図7は図6における永久磁石型電動機の回転子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図、図8はこの発明の実施の形態2における永久磁石型電動機の図6とは異なる構成を示す図である。

【0029】図6および7において、11は環状のヨーク部材、12はこのヨーク部材11の内周側に所定の間隔を介し突出して形成される12本の磁極ティース部材、13はこれら各磁極ティース部材12の先端に形成される磁極部、14はこれら各磁極部13の内周面にそれぞれ形成される4個の補助溝、15は各磁極部13間にそれぞれ形成されるスロットで、図6の場合は12個形成され内部にはそれぞれ巻線(図示せず)が巻回されている。そして、これら11ないし15で固定子16が構成されている。17は回転軸、18はこの回転軸17の表面に軸方向に延在して装着される8個の永久磁石であり、図7に示すように電気角72度のスキューが施されている。そして、これら17、18で回転子19が構成されている。

【0030】実施の形態2における永久磁石型電動機は、上記のように構成される固定子16および回転子19で成っており、各磁極部13に4個ずつの補助溝4が設けられているため、スロット15が仮想的に60個になったのと同様の機能が得られ、コギングトルクの脈動数は回転子19の一回転あたり120となり周期は電気角12度となる。そして、回転子19の各永久磁石18は電気角72度のスキューが施されているため、コ

ギングトルクの周期の6倍だけスキューを施すことになり、上記実施の形態1におけると同様にコギングトルクを大幅に低減できるとともに、誘起電圧の第5高調波成分を完全に除去できるため、通電時のトルクリップルの低減も可能になる。

【0031】なお、上記図6および7における構成では、回転子19の永久磁石18にスキューを施すことにより、固定子16と回転子19の間に相対的に電気角72度のスキューを得ているが、図示はしないが固定子16の各磁極部13の内周面に形成される補助溝14にスキューを施して、固定子16と回転子19の間に相対的に電気角72度のスキューを得るようにしても良く、上記と同様の効果を発揮し得ることは言うまでもない。

【0032】又、上記構成では、回転軸17の表面に永久磁石18を装着した場合について説明したが、永久磁石18を回転軸17に埋め込んだ構成のものに適用しても良い。又、上記構成では詳しく説明しなかったが、図8に示すように固定子16の磁極テース部材12に、巻線20を集中的に巻回することにより、巻線20の巻回作業の容易化が可能となり、コイルエンドの短縮化により小型化も可能になる。

【0033】さらに又、上記構成では、8極、12スロットのものについて説明したが、もちろんこれに限定されるものではなく、要するに極数=2N、スロット数=3N (Nは1以上の整数) を満足するように、永久磁石18およびスロット15の数を設定すれば、上記と同様の機能を達成することができることは言うまでもない。

【0034】実施の形態3. 図9はこの発明の実施の形態3における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係(6極、18スロット)を示す図、図10は図9における永久磁石型電動機の回転子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図である。

【0035】図9および10において、21は環状のヨーク部材、22はこのヨーク部材1の内周側に所定の間隔を介し突出して形成される18本の磁極テース部材、23はこれら各磁極テース部材22の先端に形成される磁極部、24はこれら各磁極部23の内周面にそれぞれ形成される4個の補助溝、25は各磁極部23間にそれぞれ形成されるスロットで、図9の場合は18個形成されている。そして、これら21ないし25で固定子26が構成されている。27は回転軸、28はこの回転軸27の表面に軸方向に延在して装着される6個の永久磁石であり、図10に示すように電気角72度のスキューが施されている。そして、これら27、28で回転子29が構成されている。

【0036】実施の形態3における永久磁石型電動機は、上記のように構成される固定子26および回転子29で成っており、各磁極部23に4個ずつの補助溝24が設けられているため、スロット25が仮想的に90個になったのと同様の機能が得られ、コギングトルク

の脈動数は回転子29の一回転あたり90となり周期は電気角12度となる。そして、回転子29の各永久磁石28は電気角72度のスキューが施されているため、コギングトルクの周期の6倍だけスキューを施すことになり、コギングトルクを大幅に低減できるとともに、誘起電圧の第5高調波成分を完全に除去できるため、通電時のトルクリップルの低減も可能になる。

【0037】なお、上記図9および10における構成では、回転子29の永久磁石28にスキューを施すことにより、固定子26と回転子29の間に相対的に電気角72度のスキューを得ているが、図示はしないが固定子26の各磁極部23の内周面に形成される補助溝4にスキューを施して、固定子26と回転子29の間に相対的に電気角72度のスキューを得るようにしても良く、上記と同様の効果を発揮し得ることは言うまでもない。

【0038】又、上記構成では、回転軸27の表面に永久磁石28を装着した場合について説明したが、永久磁石28を回転軸27に埋め込んだ構成のものに適用しても良い。さらに又、上記構成では、6極、18スロットのものについて説明したが、もちろんこれに限定されるものではなく、要するに極数=N、スロット数=3N (Nは2以上の偶数) を満足するように、永久磁石28およびスロット25の数を設定すれば、上記と同様の機能を達成することができることは言うまでもない。

【0039】実施の形態4. 図11はこの発明の実施の形態4における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係(8極、12スロット)を示す図、図12は図11における永久磁石型電動機の固定子および回転子に電気角36度ずつのスキューを施した場合の概念を示す図である。

【0040】図11および12において、31は環状のヨーク部材、32はこのヨーク部材32の内周側に所定の間隔を介し突出して形成される12本の磁極テース部材、33はこれら各磁極テース部材32の先端に形成される磁極部、34はこれら各磁極部33の内周面にそれぞれ形成される4個の補助溝であり、磁極テース部材32および磁極部33と協働して図12に示すように電気角36度のスキューが施されている。35は各磁極部33間にそれぞれ形成される補助溝34と共に電気角36度のスキューが施されるスロットで、図11の場合は12個形成されている。そして、これら31ないし35で固定子36が構成されている。37は回転軸、38はこの回転軸37の表面に軸方向に延在して装着される8個の永久磁石であり、図12に示すように電気角36度のスキューが施されている。そして、これら37、38で回転子39が構成されている。

【0041】実施の形態4における永久磁石型電動機は、上記のように構成される固定子36および回転子39で成っており、各磁極部33に4個ずつの補助溝4が設けられているため、スロット5が仮想的に60個にな



ったのとほぼ同様の機能が得られ、コギングトルクの脈動数は回転子39の一回転あたり120となり周期は電気角12度となる。そして、固定子36の補助溝34、スロット35および回転子39の各永久磁石38に電気角36度ずつのスキューが施されているため、コギングトルクの周期の6倍だけスキューを施すことになり、コギングトルクを大幅に低減できるとともに、誘起電圧の第5高調波成分を完全に除去できるため、通電時のトルクリップルの低減も可能になる。

【0042】なお、上記図11および図12における構成では、固定子36および回転子39にそれぞれ電気角36度ずつのスキューを施しているが、これに限定されるものではなく、固定子36および回転子39の各スキュー角の合計が電気角72度となれば良い。又、上記構成では、回転軸37の表面に永久磁石38を装着した場合について説明したが、永久磁石38を回転軸37に埋め込んだ構成のものに適用しても良い。

【0043】実施の形態5。図13はこの発明の実施の形態5における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係(8極、12スロット)を示す図、図14は図13における永久磁石型電動機の回転子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図である。

【0044】図13および14において、41は環状のヨーク部材、42はこのヨーク部材41の内周側に所定の間隔を介し突出して形成される12本の磁極ティース部材、43はこれら各磁極ティース部材42の先端に形成される磁極部、44はこれら各磁極部43の内周面にそれぞれ形成される4個の補助溝、45は各磁極部43間にそれぞれ形成されるスロットで、図13の場合は12個形成されている。そして、これら41ないし45で固定子46が構成されている。47は回転軸、48はこの回転軸47の表面に軸方向に延在しラジアル方向に着磁されて装着される8個の永久磁石であり、図14に示すように電気角72度のスキューが施されている。そして、これら47、48で回転子49が構成されている。

【0045】実施の形態5における永久磁石型電動機は、上記のように構成される固定子46および回転子49で成っており、各磁極部43に4個ずつの補助溝44が設けられているため、スロット45が仮想的に60個になったのとほぼ同様の機能が得られ、コギングトルクの脈動数は回転子49の一回転あたり120となり周期は電気角12度となる。そして、回転子49の各永久磁石48は電気角72度のスキューが施されているため、コギングトルクの周期の6倍だけスキューを施すことになり、コギングトルクを大幅に低減できるとともに、誘起電圧の第5高調波成分を完全に除去できるため、通電時のトルクリップルの低減も可能になることは勿論のこと、一般に、ラジアル方向に着磁された永久磁石48を用いた永久磁石型電動機の起磁力には多くの高調波を含み、コギングトルクや通電時のトルクリップルが大きい

ため、その低減効果はさらに大きなものとなる。

【0046】なお、上記構成では、回転軸47の表面に永久磁石48を装着した場合について説明したが、永久磁石48を回転軸47に埋め込んだ構成のものに適用しても良い。又、上記各実施の形態において、各補助溝を各磁極部に対して4個ずつ設けた場合について説明したが、磁極部の大きさ等から勘案すると、寸法的に加工が容易な個数と考えられる。

【0047】

【発明の効果】以上のように、この発明の請求項1によれば、周方向に所定の間隔を介して複数の永久磁石が配設された回転子と、永久磁石と相対向し周方向に所定の間隔を介して配置される複数の磁極部を備えた固定子とでなる永久磁石型電動機において、固定子の各磁極部の回転子の永久磁石と対向する面に補助溝を設けるとともに回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施すようにしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図り、高性能な永久磁石型電動機を提供することができる。

【0048】又、この発明の請求項2によれば、請求項1において、極数=2N、スロット数=3N(Nは1以上の整数)とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施すようにしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図り、高性能な永久磁石型電動機を提供することができる。

【0049】又、この発明の請求項3によれば、請求項1において、極数=N、スロット数=3N(Nは2以上の偶数)とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施すようにしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図り、高性能な永久磁石型電動機を提供することができる。

【0050】又、この発明の請求項4によれば、請求項1において、極数=4N、スロット数=3N(Nは1以上の整数)とし、回転子と固定子の間に相対的に電気角72度のスキューを施すようにしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図り、高性能な永久磁石型電動機を提供することができる。

【0051】又、この発明の請求項5によれば、請求項1ないし4のいずれかにおいて、スキューを回転子および固定子のいずれか一方に施すようにしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図り、高性能な永久磁石型電動機を提供することができる。

【0052】又、この発明の請求項6によれば、請求項1ないし4のいずれかにおいて、スキューを回転子および固定子の両方に施すようにしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図り、高性能な永久磁石型電動機を提供することができる。

【0053】又、この発明の請求項7によれば、請求項1ないし6のいずれかにおいて、補助溝を磁極部毎に4



個ずつ設けるようにしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図ることができることは勿論、補助溝の加工が容易な永久磁石型電動機を提供することができる。

【0054】又、この発明の請求項8によれば、請求項1ないし6のいずれかにおいて、固定子の巻線を集中的に巻回するようにしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減を図ることができることは勿論、巻線の巻回作業の容易化ならびに小型化が可能な永久磁石型電動機を提供することができる。

【0055】又、この発明の請求項9によれば、請求項1ないし6のいずれかにおいて、回転子の永久磁石をラジアル方向に着磁されたものとしたので、コギングトルクの低減と通電時のトルクリップルの低減をより図ることが可能な永久磁石型電動機を提供することができる。又、上記各実施の形態1ないし5ではインナロータ型の電動機を例に説明したが、もちろんこれに限定されるものではなく、アウトロータ型の電動機に適用しても良く、上記と同様の効果を発揮し得ることは言うまでもない。さらに又、上記インナロータ型およびアウトロータ型の他に直線型の電動機にも適用可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係（8極、6スロット）を示す図である。

【図2】 図1における永久磁石型電動機の回転子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図である。

【図3】 図1における永久磁石型電動機の固定子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図である。

【図4】 実施の形態1における永久磁石型電動機のコギングトルク波形を従来と比較して示す波形図である。

【図5】 実施の形態1における永久磁石型電動機の通電時のトルク波形を従来と比較して示す波形図である。

【図6】 この発明の実施の形態2における永久磁石型

電動機の固定子と回転子の関係（8極、12スロット）を示す図である。

【図7】 図6における永久磁石型電動機の回転子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図である。

【図8】 この発明の実施の形態2における永久磁石型電動機の図6とは異なる構成を示す図である。

【図9】 この発明の実施の形態3における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係（6極、18スロット）を示す図である。

【図10】 図9における永久磁石型電動機の回転子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図である。

【図11】 この発明の実施の形態4における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係（8極、12スロット）を示す図である。

【図12】 図11における永久磁石型電動機の固定子および回転子に電気角36度ずつのスキューを施した場合の概念を示す図である。

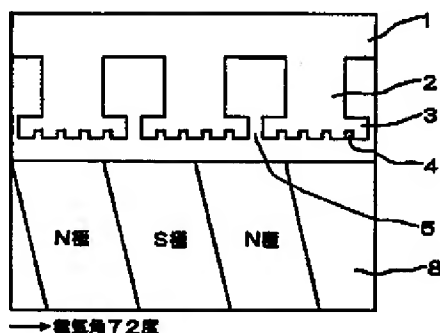
【図13】 この発明の実施の形態5における永久磁石型電動機の固定子と回転子の関係（8極、12スロット）を示す図である。

【図14】 図13における永久磁石型電動機の回転子に電気角72度のスキューを施した場合の概念を示す図である。

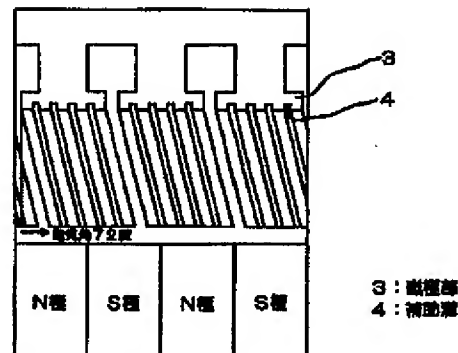
#### 【符号の説明】

- 1, 11, 21, 31, 41 ヨーク部材、
- 2, 12, 22, 32, 42 磁極テース部材、
- 3, 13, 23, 33, 43 磁極部、4, 14, 24, 34, 44 補助溝、
- 5, 15, 25, 35, 45 スロット、
- 6, 16, 26, 36, 46 固定子、7, 17, 27, 37, 47 回転軸、
- 8, 18, 28, 38, 48 永久磁石、
- 9, 19, 29, 39, 49 回転子、20 巻線。

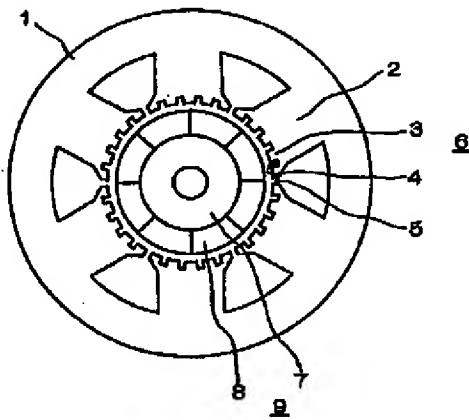
【図2】



【図3】

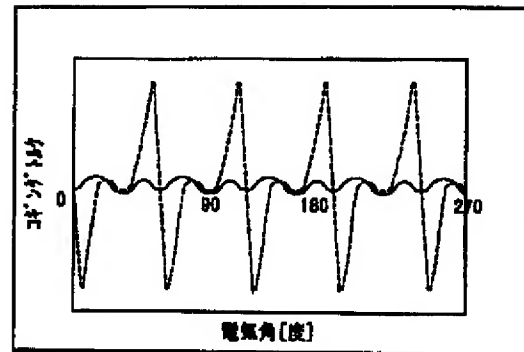


【図1】

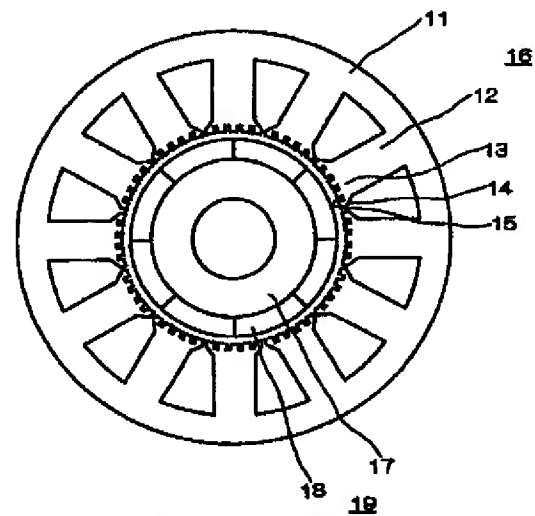


- |           |        |
|-----------|--------|
| 1:ヨーク部材   | 6:固定子  |
| 2:磁極テイス部材 | 7:回転軸  |
| 3:磁極部     | 8:永久磁石 |
| 4:補助溝     | 9:回転子  |
| 5:スロット    |        |

【図4】

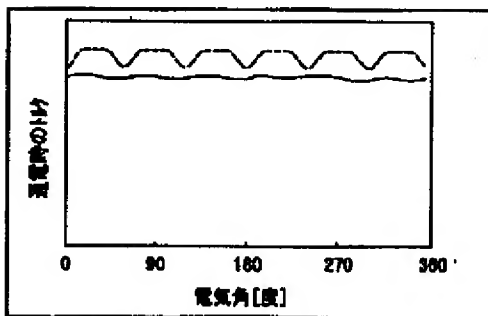


【図6】

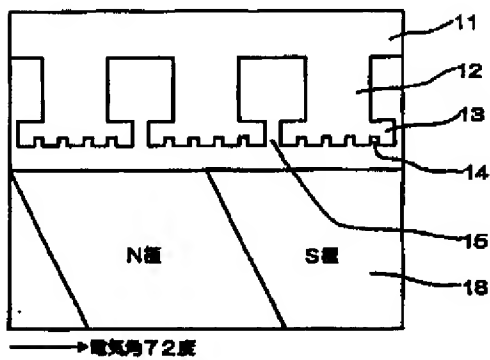


- |            |         |
|------------|---------|
| 11:ヨーク部材   | 16:固定子  |
| 12:磁極テイス部材 | 17:回転軸  |
| 13:磁極部     | 18:永久磁石 |
| 14:補助溝     | 19:回転子  |
| 15:スロット    |         |

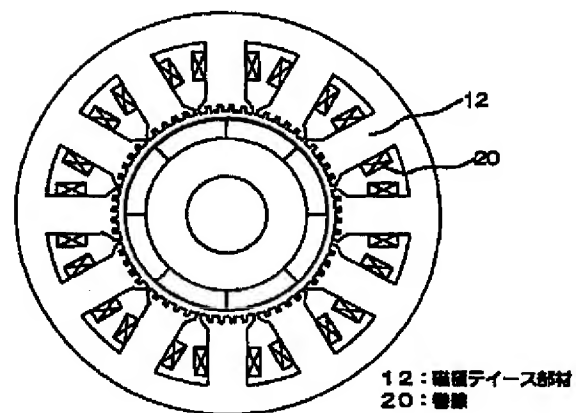
【図5】



【図7】

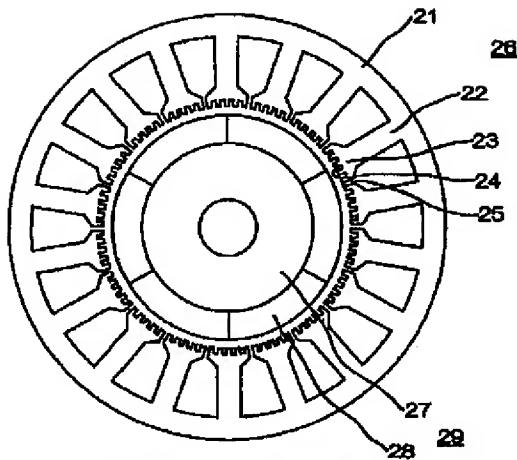


【図8】



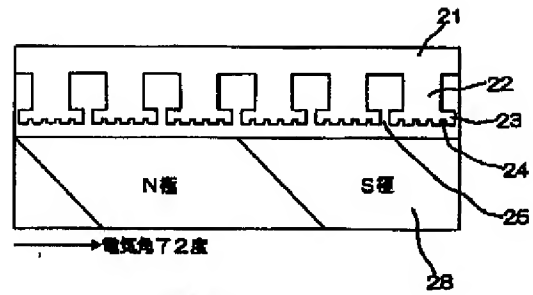
- |            |
|------------|
| 12:磁極テイス部材 |
| 20:巻線      |

【図9】



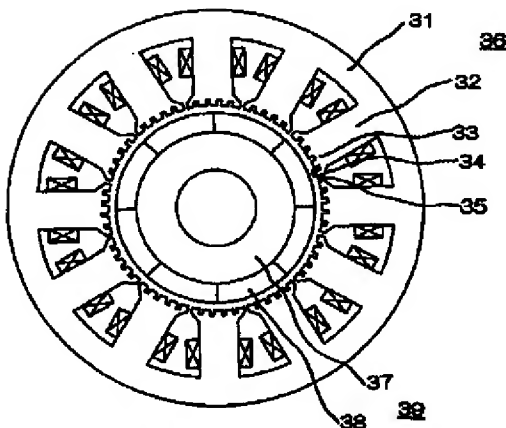
- |             |         |
|-------------|---------|
| 21:ヨーク部材    | 26:固定子  |
| 22:磁極ティース部材 | 27:回転軸  |
| 23:磁極部      | 28:永久磁石 |
| 24:補助溝      | 29:回転子  |
| 25:スロット     |         |

【図10】



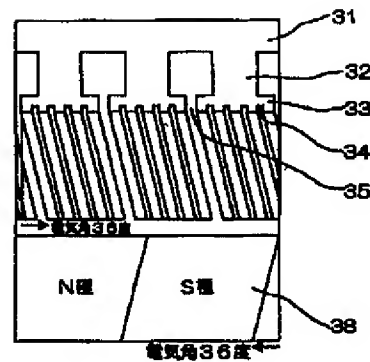
- |             |
|-------------|
| 21:ヨーク部材    |
| 22:磁極ティース部材 |
| 23:磁極部      |
| 24:補助溝      |
| 25:スロット     |
| 28:永久磁石     |

【図11】



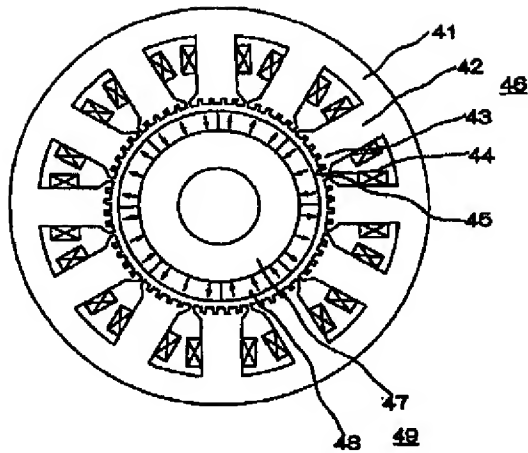
- |             |         |
|-------------|---------|
| 31:ヨーク部材    | 36:固定子  |
| 32:磁極ティース部材 | 37:回転軸  |
| 33:磁極部      | 38:永久磁石 |
| 34:補助溝      | 39:回転子  |
| 35:スロット     |         |

【図12】



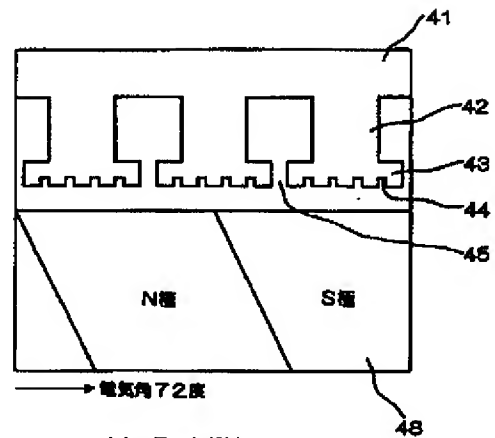
- |             |
|-------------|
| 31:ヨーク部材    |
| 32:磁極ティース部材 |
| 33:磁極部      |
| 34:補助溝      |
| 35:スロット     |
| 38:永久磁石     |

【図13】



- |             |         |
|-------------|---------|
| 41:ヨーク部材    | 46:固定子  |
| 42:磁極ダイース部材 | 47:回転軸  |
| 43:磁極部      | 48:永久磁石 |
| 44:補助溝      | 49:回転子  |
| 45:スロット     |         |

【図14】



- |             |
|-------------|
| 41:ヨーク部材    |
| 42:磁極ダイース部材 |
| 43:磁極部      |
| 44:補助溝      |
| 45:スロット     |
| 46:永久磁石     |

フロントページの続き

(72)発明者 米賀多 秀樹  
東京都千代田区大手町二丁目6番2号 三  
菱電機エンジニアリング株式会社内

Fターム(参考) 5H002 AA04 AA09 AB06 AC06 AE07  
5H621 AA02 GA01 GA04 GA14 GA16  
HH01 JK02 JK05  
5H622 AA02 CA02 CA05 CA14 PP19  
QB03